


 ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2011130018/28, 19.07.2011**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**19.07.2011**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **19.07.2011**(45) Опубликовано: **20.03.2013** Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **Баум Б.А. и др. «О природе аномалий на политермах свойств металлических расплавов», ж. Известия вузов, Черная металлургия, 1984, 11, с.54-57. RU 2117968 C1, 20.08.1998. US 6115674 A, 05.09.2000. US 5811970 A, 22.09.1998.**

Адрес для переписки:

**620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,  
 Центр интеллектуальной собственности, Т.В.  
 Маркс**

(72) Автор(ы):

**Поводатор Аркадий Моисеевич (RU),  
 Конашков Виктор Васильевич (RU),  
 Цепелев Владимир Степанович (RU),  
 Вьюхин Владимир Викторович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

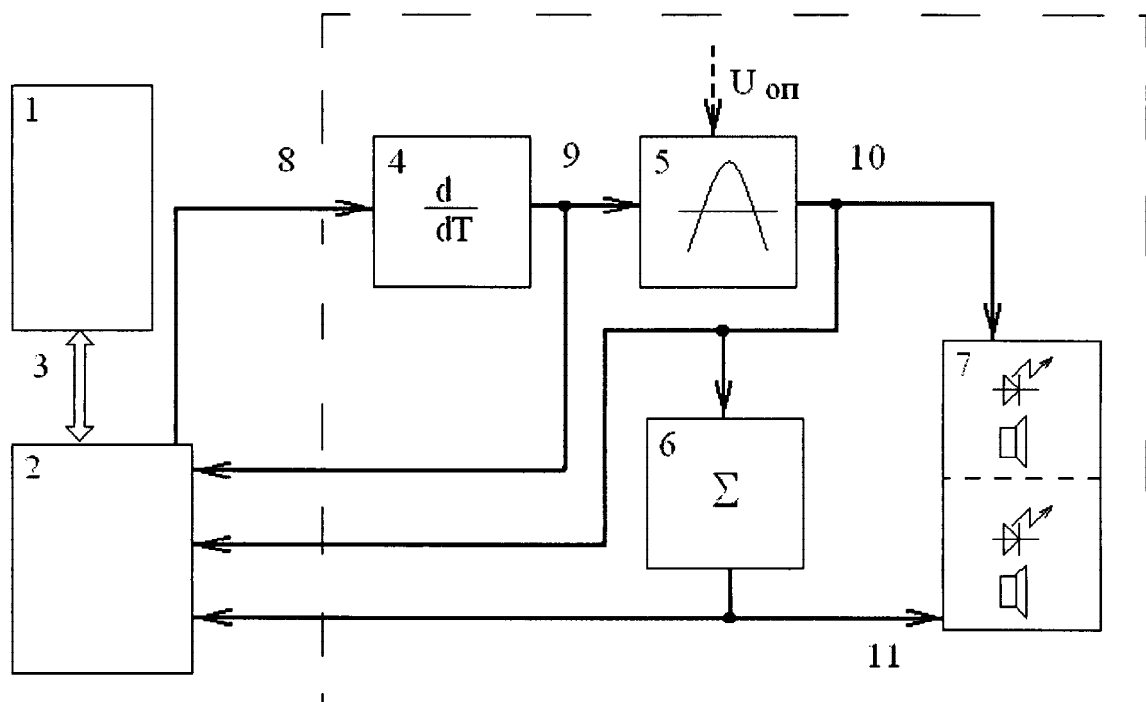
**Федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего  
 профессионального образования  
 "Уральский федеральный университет имени  
 первого Президента России Б.Н. Ельцина"  
 (RU)**

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ НА ПОЛИТЕРМАХ СВОЙСТВ  
 ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ (ВАРИАНТЫ)**

(57) Реферат:

Изобретение относится к технической физике, а именно к способам контроля и измерения свойств веществ, и предназначено для определения аномалий на политермах свойств высокотемпературных металлических расплавов. Дополнительной сферой применения являются металлургические процессы, в частности разработка технологических схем формирования заданных свойств. В способе, при котором определяют политермы этих свойств, например кинематической вязкости, расплава с получением значений свойств в виде электрических сигналов, которые отображают на одном из каналов многоканального дисплея. При этом значения политерма расплава подают на вход дифференциатора, с

его выхода снимают продифференцированные сигналы, которые отображают на втором канале многоканального дисплея. Затем продифференцированные сигналы подают на блок сравнения, выходные сигналы которого подают на вход блока сигнализации и третий канал многоканального дисплея, а также на вход сумматора, с выхода которого сигналы подают на четвертый канал многоканального дисплея и блока сигнализации. Техническим результатом изобретения является обеспечение получения дополнительных результатов и более достоверной информации, точности оценки аномалий на политермах и обеспечение возможности оценки результатов экспериментов персоналом невысокой квалификации. 2 н.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2011130018/28, 19.07.2011

(24) Effective date for property rights:  
**19.07.2011**

Priority:

(22) Date of filing: 19.07.2011

(45) Date of publication: **20.03.2013 Bull. 8**

Mail address:

620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU,  
Tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V. Marks

(72) Inventor(s):

Povodator Arkadij Moiseevich (RU),  
Konashkov Viktor Vasil'evich (RU),  
Tsepelev Vladimir Stepanovich (RU),  
V'jukhin Vladimir Viktorovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovaniya "Ural'skij  
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta  
Rossii B.N. El'tsina" (RU)

**(54) METHOD FOR DETERMINING ABNORMALITIES ON POLYTHERMS OF PROPERTIES OF HIGH-TEMPERATURE MOLTEN METALS (VERSIONS)**

(57) Abstract:

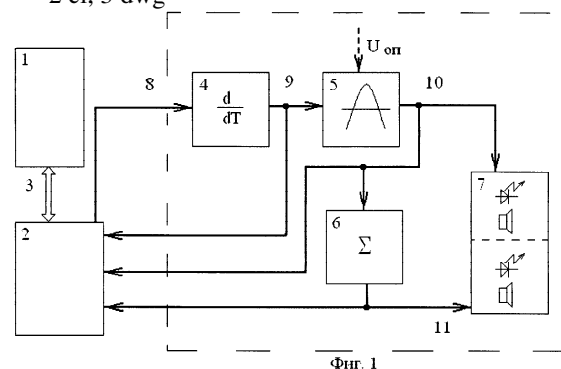
FIELD: machine building.

**SUBSTANCE:** method involves determination of polytherms of those properties, for example kinematic viscosity, molten metal so that values of properties are obtained in the form of electric signals, which are displayed on one of the multichannel display channels. At that, polytherm values of molten metal are supplied to differentiator inlet; differentiated signals, which are displayed on the other channel of the multichannel display, are picked up from its outlet. Then, differentiated signals are supplied to a comparison unit, the output signals of which are supplied to an alarm unit inlet and the third channel of the multichannel display, as well as to the adder inlet, from the outlet of which the signals are supplied to the fourth channel of

multichannel display and alarm unit.

EFFECT: obtaining additional results and more reliable information, evaluation accuracy of abnormalities on polytherms, and providing the possibility of evaluating the experiment results by semiskilled personnel.

2 cl, 3 dwg



Изобретение относится к технической физике, а именно к способам контроля и измерения термозависимостей, или политерм, физических свойств веществ, и предназначены для определения аномалий на политермах свойств высокотемпературных металлических расплавов на основе железа, в частности при  
 5 бесконтактном измерении политерм кинематической вязкости или электросопротивления этих расплавов нестационарным фотометрическим методом, основанным на затухании крутильных колебаний цилиндрического тигля с расплавом. Дополнительной сферой применения являются металлургические процессы, в  
 10 частности разработка технологических схем формирования заданных свойств.

Изучение политерм свойств металлических расплавов, объемом в единицы см<sup>3</sup>, позволяет определить их структурно-чувствительные характеристики, проводить прогностический анализ и давать технологические рекомендации для получения сплавов с заданными характеристиками, например, выделять критические  
 15 температурные точки и гистерезисные характеристики цикла нагрева - охлаждения. Для высокотемпературных (до 2000°C) исследований металлических расплавов, в частности на основе железа, преимущественно используют бесконтактный фотометрический (на базе измерения траектории отраженного от зеркала светового  
 20 луча - «зайчика») способ определения параметров кинематической вязкости и (или) электросопротивления образца расплава, посредством изучения параметров декремента затухания  $\delta$  крутильных колебаний упругой нити с подвешенным на ней в электропечи тиглем с образцом расплава - см. патент РФ №2349898 - аналог. На политермах свойств высокотемпературных металлических расплавов, часто имеются  
 25 аномалии, которые представляют собой участки с отклонениями от предполагаемого теоретического вида, в идеале - экспоненты. В частности, имеются участки с ростом кинематической вязкости при увеличении температуры, в то время как кинематическая вязкость должна уменьшаться по экспоненте с ростом температуры. Анализ вида и  
 30 характеристик таких аномалий необходим, поскольку они отражают различные физико-химические и структурные параметры данного расплава, в том числе скачкообразные структурные изменения, происходящие в расплаве, однако такой анализ требует высокой квалификации экспериментатора.

Недостатками определения параметров аномалий посредством вышеуказанного  
 35 способа, являются сложность, неоднозначность и субъективность. Аномалии определяют качественно, но не количественно, поскольку количественные значения критериев аномалий неоднозначны. В конечном итоге, не обеспечена достоверность и точность оценки аномалий на политермах свойств высокотемпературных  
 40 металлических расплавов.

Известен способ определения аномалий на политермах свойств высокотемпературных металлических расплавов, при котором определяют температурные зависимости этих свойств, например кинематической вязкости, расплава на основе железа, с получением значений свойств в виде электрических  
 45 сигналов, которые отображают на одном из каналов многоканального дисплея - см. Б.А.Баум и др. «О природе аномалий на политермах свойств металлических расплавов», ж. Известия вузов, Черная металлургия, 1984, 11, с.54-57 - прототип. В случае неравновесных жидкостей, каковыми являются металлические расплавы, слабо перегретые над температурой плавления, могут наблюдаться аномалии на  
 50 политермах. При измерении, например, кинематической вязкости, как указано выше, эти аномалии представляют собой участки с ростом вязкости при увеличении температуры, в то время как вязкость должна экспоненциально уменьшаться с ростом

температуры. В реальных условиях свойства расплавов с изменением температуры практически всегда изменяются немонотонно, т.е. существуют аномалии на политемах свойств жидких металлов и расплавов - см. вышеуказанное Б.А.Баум и др..., с.55. Принято считать, что аномалии вызваны скачкообразным изменением структуры ближнего порядка, причем это многофакторное изменение может быть размытым в какой-либо области температур в зависимости от состава образцов расплава, хода и условий эксперимента. Поэтому фиксируемые проявления аномалий нестабильны - см. вышеуказанное Б.А.Баум и др... с.57. Например, в случае роста вязкости с ростом температуры, можно предположить, что структурные изменения в расплаве свидетельствуют о разупорядочении расплава, т.е. увеличении хаотичности расположения частиц в расплаве. Анализ вида и характеристик аномалий на политемах, который выполняет высококвалифицированный экспериментатор, необходим, поскольку они отражают физико-химические и структурные параметры данного расплава.

Недостатками определения параметров аномалий являются его сложность, неоднозначность и субъективность, что требует высокой квалификации экспериментатора. Не обеспечена возможность оценки результатов экспериментов персоналом невысокой квалификации, например студентами. По существу, параметры аномалий определяют только качественно, но не количественно, поскольку количественные значения критериев аномалий неоднозначны. В конечном итоге, не обеспечена наглядность, достоверность и точность оценки аномалий на политемах свойств высокотемпературных металлических расплавов.

Технической задачей предлагаемой группы изобретений является обеспечение получения дополнительных результатов и более достоверной информации, повышение наглядности, достоверности и точности оценки аномалий на политемах свойств высокотемпературных металлических расплавов, а также обеспечение возможности оценки результатов экспериментов персоналом невысокой квалификации, например студентами.

Для решения поставленной задачи предлагается способ определения аномалий на политемах свойств высокотемпературных металлических расплавов (варианты).

В способе определения аномалий на политемах свойств высокотемпературных металлических расплавов по первому варианту, при котором определяют температурные зависимости этих свойств, например кинематической вязкости расплава на основе железа, с получением значений свойств в виде электрических сигналов, которые отображают на одном из каналов многоканального дисплея, предлагается то, что значения температурных зависимостей свойств расплава подают на вход дифференцирующего устройства, с его выхода снимают продифференцированные сигналы, которые, синхронно со значениями температурных зависимостей свойств расплава, отображают на втором канале многоканального дисплея, затем продифференцированные сигналы подают на один из входов блока сравнения, выходные сигналы которого подают на один из входов блока сигнализации и на третий канал многоканального дисплея.

В способе определения аномалий на политемах свойств высокотемпературных металлических расплавов по второму варианту, при котором определяют температурные зависимости этих свойств, например кинематической вязкости расплава на основе железа, с получением значений свойств в виде электрических сигналов, которые отображают на одном из каналов многоканального дисплея, предлагается то, что значения температурных зависимостей свойств расплава подают

на вход дифференцирующего устройства, с его выхода снимают продифференцированные сигналы, которые, синхронно со значениями температурных зависимостей свойств расплава, отображают на втором канале многоканального дисплея, затем продифференцированные сигналы подают на один из входов блока сравнения, выходные сигналы которого подают на один из входов блока сигнализации и на третий канал многоканального дисплея, а также на вход суммирующего устройства, с выхода которого сигналы подают на четвертый канал многоканального дисплея и блока сигнализации.

Отличительные признаки предложенных технических решений обеспечивают получение дополнительных результатов и более достоверной информации, повышение наглядности, достоверности и точности оценки аномалий на политермах свойств высокотемпературных металлических расплавов, а также обеспечение возможности оценки экспериментов персоналом невысокой квалификации, например студентами.

Группа изобретений поясняется чертежами:

фиг.1 Блок - схема измерительного комплекса;

фиг.2. Политерма и первая производная кинематической вязкости для чугуна СЧ-30 с экспериментальным модификатором;

фиг.3. Политерма и первая производная кинематической вязкости для чугуна СЧ-30 без модификатора.

Способ определения аномалий на политермах свойств высокотемпературных расплавов осуществляют посредством комплекса, который содержит лабораторную установку 1, компьютер 2 с дисплеем, связанный шиной данных и управляющих сигналов 3 с установкой 1, дифференцирующее устройство 4, блок сравнения 5, суммирующее устройство 6 с памятью, двухканальный блок сигнализации 7.

Установка 1 предназначена для измерения кинематической вязкости и (или) удельного электросопротивления металлических расплавов фотометрическим методом, путем определения параметров декремента затухания 5 крутильных колебаний упругой нити с подвешенным на ней, внутри изотермической зоны 30-кВт вакуумной электропечи, керамическим тиглем с образцом расплава объемом в единицы  $\text{см}^3$  - см.

вышеуказанный пат. РФ №2349898. Дисплей компьютера 2 используют, в том числе, как устройство отображения информации в виде многоканального дисплея.

Дифференцирующее устройство 4, блок сравнения 5, суммирующее устройство 6 с памятью, двухканальный блок аудиовизуальной сигнализации 7 предпочтительно реализуют программно в виде виртуальных компьютерных блоков в составе компьютера 2, или в виде нижеперечисленных устройств. Дифференцирующее

устройство 4 реализуют в виде дифференциатора на операционном усилителе (ОУ) с RC - цепью - см. Дж.Рутковски «Интегральные операционные усилители», М., Мир, 1978, с.295. Блок сравнения 5 представляет собой одно- или двухпороговый компаратор на ОУ - см. вышеуказанное Дж.Рутковски..., с.213, в котором на один из входов ОУ подают опорное напряжение (уровень)  $U_{оп}$  с регулируемой от нуля до +/-

$U_{max}$  величиной, в соответствии с опытом, накопленным за некоторое количество экспериментов. Суммирующее устройство 6 с памятью выполнено в виде интегратора со сбросом на ОУ - см. вышеуказанное Дж.Рутковски..., с.296. Двухканальный блок сигнализации 7 содержит в каждом канале триггер Шмидта на входе, выполненный на ОУ - см. вышеуказанное Дж.Рутковски..., с.234, который соединен со звуковым генератором на ОУ - см. вышеуказанное Дж.Рутковски..., с.297, нагруженным светодиодом АЛ307 и звуковым излучателем 0,25ГД10. Выходные сигналы дифференцирующего устройства 4, блока сравнения 5, суммирующего устройства 6 с

памятью вводят через вход платы многоканального АЦП или через СОМ-порт в компьютер 2 и выводят на дисплее компьютера 2.

Способ определения аномалий на политермах свойств высокотемпературных расплавов осуществляют следующим образом. Проводят штатный эксперимент по регистрации политерм, например кинематической вязкости, на установке 1. При этом в конце эксперимента сохраненные в компьютере 2 сигналы 8, соответствующие значениям декремента затухания 5, т.е. одному из свойств высокотемпературных расплавов, которые отображают на одном из каналов многоканального дисплея компьютера 2, подают на вход дифференцирующего устройства 4. С его выхода снимают продифференцированные сигналы 9, которые, адекватно значениям температурных зависимостей свойств расплава, отображают посредством второго канала многоканального дисплея компьютера 2, затем продифференцированные сигналы 9 подают на вход блока сравнения 5, выходные сигналы 10 которого подают на один из входов блока сигнализации 7 и на третий канал многоканального дисплея компьютера 2, а также на вход суммирующего устройства 6, с выхода которого сигналы 11 подают на четвертый канал многоканального дисплея компьютера 2 и блок сигнализации 7. Визуально оценивают осциллограммы вышеуказанных каналов, причем в случае срабатывания блока сигнализации 7, при появлении положительных значений продифференцированного выходного сигнала 9 на каком-то температурном участке либо переходе этого сигнала через нулевое значение или определенный уровень  $U_{оп}$ , в том числе при скачкообразном изменении сигнала 9 в случае его отрицательных значений на каком-то температурном участке, делают вывод о параметрах аномалий на этих температурных участках. Относительно монотонный участок, отражающий находящиеся в пределах естественного разброса результаты эксперимента и 3% погрешности измерений, представляет собой область с набором величин продифференцированного выходного сигнала 9, соотносящихся с относительно небольшими аномалиями. Кроме того, в процессе эксперимента посредством суммирующего устройства 6 определяют площади фигур, ограниченных значениями огибающей продифференцированного выходного сигнала 9, например, положительными значениями продифференцированного выходного сигнала 9 и нулевым значением производной, т.е. нулевым уровнем  $U_{оп}$ , вычисляют по отдельности каждую площадь и (или) затем суммируют эти площади, соответствующие аномалиям. После завершения цикла нагрева и охлаждения образца расплава, в конце эксперимента, выходной сигнал 11 суммирующего устройства 6 подают на компьютер 2 с дисплеем и на блок сигнализации 7. В случае отличия от нуля выходного сигнала 11 и (или) срабатывания сигнализатора 7, экспериментатор получает дополнительную наглядную информацию о параметрах аномалий во всем температурном диапазоне.

В качестве первого примера на фиг.2 приведены политермы кинематической вязкости при нагреве 12 и охлаждении 13 образца чугуна СЧ-30 с экспериментальным модификатором, имеющих значительные аномалии. Величина первой производной кинематической вязкости по температуре, т.е. продифференцированный выходной сигнал 9, при нагреве 14 и охлаждении 15, наглядно демонстрирует участки 16 с высоким положительным значением аномальности при температуре +1250...1350°C, 1490...1600°C, когда первая производная больше нуля. Величина продифференцированного выходного сигнала 9 достигает +0,03...0,06 при пороговом уровне 18 величины  $U_{оп}$  в дифференцирующем устройстве 4, равном нулю. Относительно монотонный участок 19 на графике сигнала 9 - точки 6...9 на кривой 14

при нагреве, и точки 6...12 на кривой 15 при охлаждении, находится в этом случае на уровне  $-0,02...-0,06$ , величина сигнала 9 достигает максимально  $+0,09$  при нагреве и  $+0,03$  при охлаждении расплава. Физически это можно трактовать как увеличение скорости хаотичности расположения частиц в расплаве. Выходной сигнал 10 блока сравнения 5 в таком случае ненулевой, что вызывает срабатывание сигнализатора 7, например, включается акустический и (или) оптический сигнал. Имеются участки 17 аномальности с отрицательным по знаку и меньшим по величине значением, на которых имеются отрицательные скачки на графике сигнала 9. Тем не менее, выходной сигнал 10 блока сравнения 5 в данном случае нулевой, поскольку пороговый уровень 18 величины  $U_{оп}$  нулевой. Имеется монотонный температурный участок  $+1350...1480^{\circ}\text{C}$ , где производная относительно мало меняется и выходной сигнал 10 блока сравнения 5 также нулевой, что можно трактовать как незначительную величину аномалий. При изменении порогового уровня 18 величины  $U_{оп}$  в дифференцирующем устройстве 4 до уровня, соответствующего отрицательной величине продифференцированного выходного сигнала 9, например,  $-0,02$  или  $-0,04$ , даже некоторые отрицательные скачки продифференцированного выходного сигнала 9 обеспечивают ненулевой выходной сигнал 10 блока сравнения 5 и, соответственно, срабатывание сигнализатора 7. Кроме того, в случае двухпорогового блока сравнения 5 уровень 18 величины  $U_{оп}$  выбирают с «окном» шириной  $\pm U_{оп}=U$ , где  $U$  больше нуля. Это может быть использовано, например, при необходимости раздельного и (или) сравнительного анализа положительных и отрицательных скачков сигнала 9, в частности, когда может иметь значение модуль величины скачка сигнала 9, независимо от знака. Кроме того, площади участков с высоким значением аномальности, например ограниченные огибающей положительной величины продифференцированного выходного сигнала 9 и его нулевой величиной, в условных единицах измеряются на этих участках, каждая площадь отдельно, и (или) затем суммируются (интегрируются) суммирующим устройством 6. Соответственно, ненулевая величина просуммированного выходного сигнала 11 вызывает срабатывание сигнализатора 7, что является наглядной дополнительной информацией о значениях и параметрах аномалий.

В качестве второго примера на фиг.3 приведены политермы кинематической вязкости при нагреве 12 и охлаждении 13 образца чугуна СЧ-30 без модификатора, предположительно имеющие существенно меньшие, по сравнению с первым примером, аномалии. Эксперимент подтвердил это, во первых, отсутствием участков с положительными значениями первой производной над нулевым уровнем 18 величины  $U_{оп}$ , т.е. в этом случае величина продифференцированного выходного сигнала 9 не имеет участков с положительным значением, во вторых, наличием двух относительно небольших скачков: на участке  $+1600...1700^{\circ}\text{C}$  на ветви 14 нагрева и  $+1350...1470^{\circ}\text{C}$  на ветви 15 охлаждения. Если считать точки величины продифференцированного выходного сигнала 9 на кривой нагрева 14 - со второй по пятую включительно, и точки на кривой охлаждения 15 - с первой по шестую (в обратном порядке) находящимися, как и первом примере - см. выше, в пределах относительно монотонного участка 19 естественного разброса результатов эксперимента и погрешности измерений, то эти скачки количественно более наглядно демонстрируют аномалии по сравнению с политермами 12 и 13. Условная величина скачков продифференцированного выходного сигнала 9 при нагреве 14 составляет, приблизительно,  $+0,01$ , а при охлаждении 15 -  $0,03$ . В данном случае, если аналогично первому примеру нулевая величина продифференцированного выходного сигнала 9



соответствует выбранному нулевому пороговому уровню 18 величины  $U_{оп}$ , то выходной сигнал 10 блока сравнения 5 нулевой, выходной сигнал 11 суммирующего устройства 6 также нулевой, и сигнализатор 7 не включается. Таким образом, в случае относительно небольших аномалий выходной сигнал 11 суммирующего устройства 6 отсутствует. По мере накопления опыта по групповому использованию при экспериментах сигнала 8, соответствующего значениям политерм одного из свойств расплава, продифференцированного выходного сигнала 9 и просуммированного выходного сигнала 11, у экспериментатора появится наглядная дополнительная информация о значениях и параметрах аномалий на политермах, в том числе, в количественной форме, на основании чего можно делать вывод о необходимости коррекции технологии производства, а также допускать к работе малоквалифицированный персонал, например студентов.

Предложенное техническое решение, содержащее вышеуказанную совокупность отличительных признаков, а также совокупность ограничительных и отличительных признаков, не выявлены в известном уровне техники, что, при достижении вышеописанного технического результата, позволяет считать предложенное техническое решение имеющим изобретательский уровень. Использование предлагаемой группы изобретений обеспечивает технический результат - получение дополнительных результатов и более достоверной информации, повышение наглядности, достоверности и, в конечном итоге, точности оценки аномалий на политермах свойств высокотемпературных металлических расплавов, а также обеспечение возможности оценки результатов экспериментов персоналом невысокой квалификации, например студентами.

#### Формула изобретения

1. Способ определения аномалий на политермах свойств высокотемпературных металлических расплавов, при котором определяют температурные зависимости этих свойств, например кинематической вязкости, расплава на основе железа, с получением значений свойств в виде электрических сигналов, которые отображают на одном из каналов многоканального дисплея, отличающийся тем, что значения температурных зависимостей свойств расплава подают на вход дифференцирующего устройства, с его выхода снимают продифференцированные сигналы, которые, синхронно со значениями температурных зависимостей свойств расплава, отображают на втором канале многоканального дисплея, затем продифференцированные сигналы подают на один из входов блока сравнения, выходные сигналы которого подают на один из входов блока сигнализации и на третий канал многоканального дисплея.

2. Способ определения аномалий на политермах свойств высокотемпературных металлических расплавов, при котором определяют температурные зависимости этих свойств, например кинематической вязкости, расплава на основе железа, с получением значений свойств в виде электрических сигналов, которые отображают на одном из каналов многоканального дисплея, отличающийся тем, что значения температурных зависимостей свойств расплава подают на вход дифференцирующего устройства, с его выхода снимают продифференцированные сигналы, которые, синхронно со значениями температурных зависимостей свойств расплава, отображают на втором канале многоканального дисплея, затем продифференцированные сигналы подают на один из входов блока сравнения, выходные сигналы которого подают на один из входов блока сигнализации и на третий канал многоканального дисплея, а также на вход суммирующего устройства, с выхода которого сигналы подают на четвертый

канал многоканального дисплея и блока сигнализации.

5

10

15

20

25

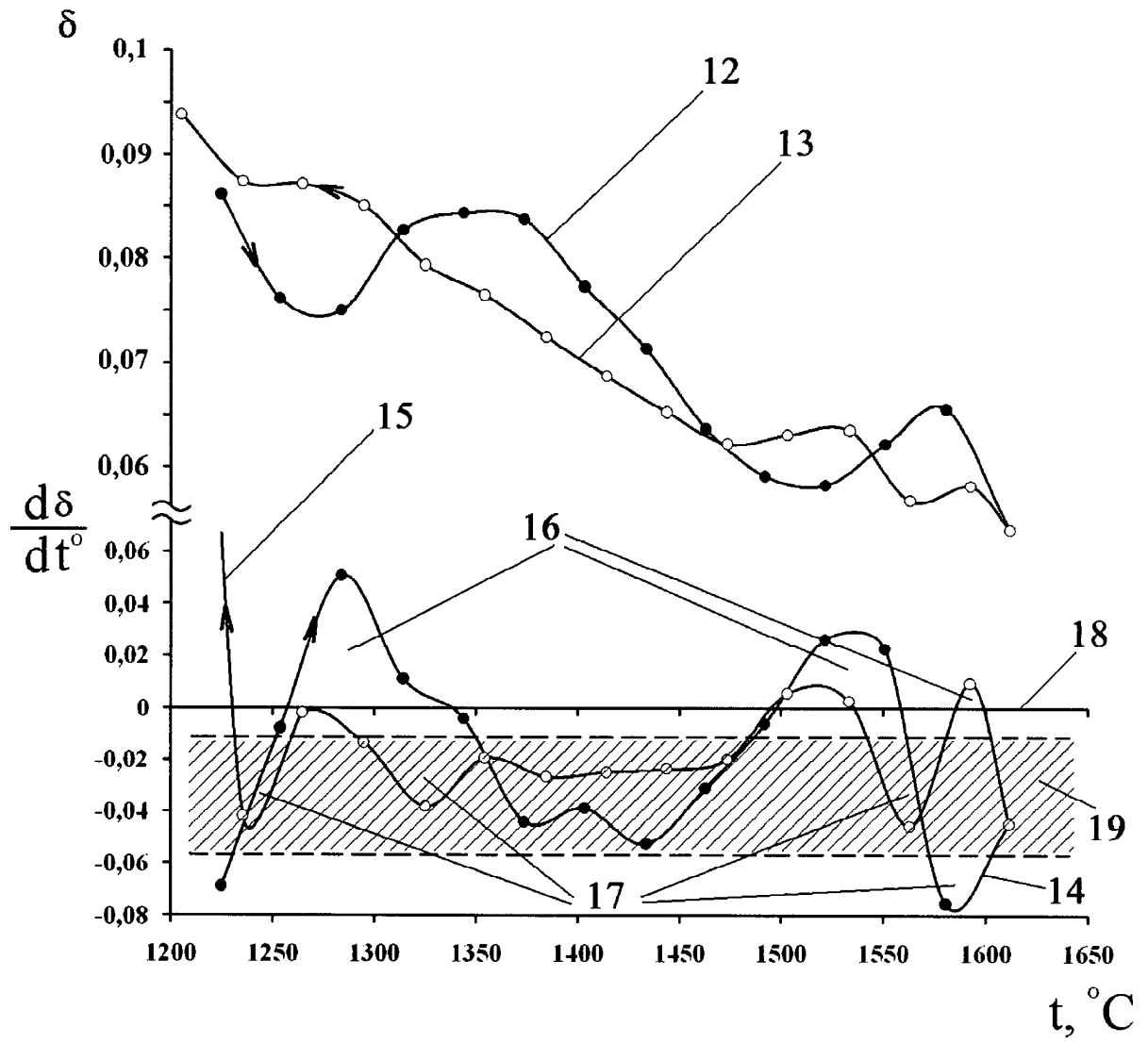
30

35

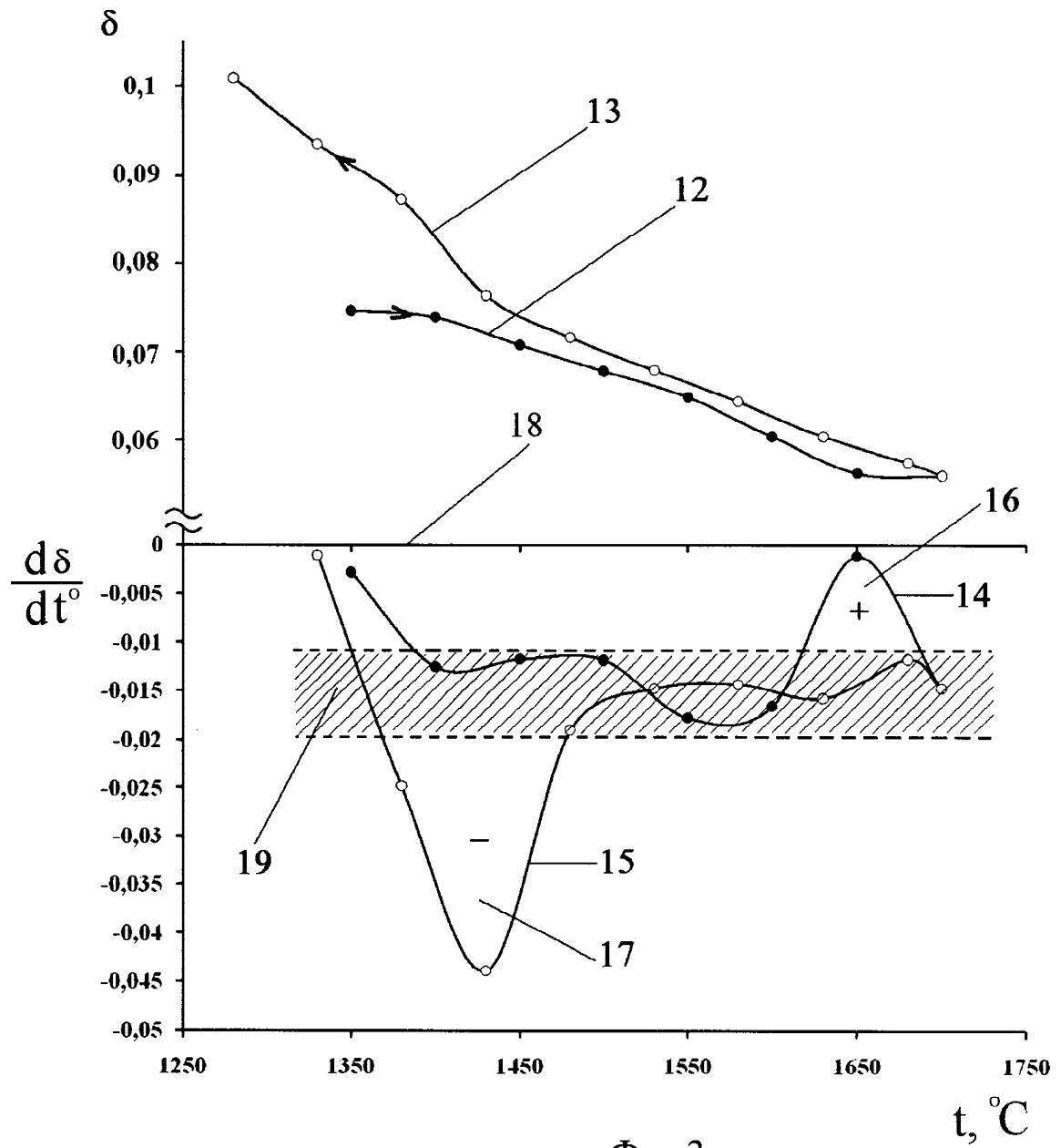
40

45

50



Фиг.2



Фиг.3